

İHA Kritik Tasarım Rapor İncelemeleri

ELFATEK RACLAB (Savaşan İHA) Kritik Tasarım Raporu İncelemesi

Uçuş kontrol Kartı: Pixhawk Cube Orange

Diğer kartlara göre üstün işlem hızı, sensör kalitesi ve ArduPilot yazılımı ile tam uyum. Mini görev bilgisayarı ile kablolu veri alışverişi üzerinden uçuş ve kontrolün sağlanması.

Otopilot Yazılımı: ArduPilot

Pixhawk Cube Orange ile yüksek uyumluluğu ve takımın daha önceki projelerden sahip olduğu tecrübedir. Simülasyon testlerinde kullanılmıştır.

Otopilot işlevleri: Temel uçuş kontrolü (PID tabanlı kontrol loop'ları aracılığıyla roll/pitch/yaw kontrolü). MAVLink üzerinden telemetri, loglama ve yer istasyonu ile veri akışı. Simülasyonlarda Mavlink Log Graph kullanılmış. Otonom rota uygulama, otonom manevra (kilitlenme/kaçış) komutlarını almak; görev bilgisayarıdan gelen hareket komutlarını uygulamak. (Yani Pixhawk + ArduPilot, görev bilgisayarıdan gelen yönlendirme komutlarını yürütüyor.) Kısaca "gövde ve refleksleri" üstleniyor; ağır AI yükü görev bilgisayarına bırakılmış.

Görev Bilgisayarı: NVIDIA Jetson Xavier NX

Diğer yüksek performanslı mini bilgisayarlar karşılaştırılarak yapay zekâ algoritmalarını çalıştırma gücü ve paralel işlem yeteneği için ideal görülmüştür. Bu seçim, yapay zekâ (AI) iş yüklerini hızlı ve enerji verimli bir şekilde işleyen GPU çekirdeklerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Jetson'un paralel işlem yeteneği sebep gösterilmiş. Kamera → Jetson (tespit/takip kararları) → Pixhawk (hareket komutları, PID kontrol) → yer istasyonu telemetri/log. MAVLink üzerinden telemetri ve loglama kullanılıyor; arayüz QT+Python ile hazırlanmış.

Nesne Tespit Algoritması: SSD Mobilenet-V2

Yüksek çözünürlükte 10 FPS eşiğinin üzerinde kalma hedefi. YOLOv5m ve YOLOv5l'nin bazı senaryolarda daha iyi sonuç vereceği not edilmiştir, ancak eğitim süreci bu modelle başlatılmıştır. Yarışma alanında kullanılmak için SSD Mobilenet-V2 kullanılarak 10 FPS sınırı üzerinde yüksek çözünürlükte kalabilecek şekilde eğitimlerini gerçekleştirmeye odaklanmışlar. Test sonuçlarına göre: yüksek çözünürlük gerektiren senaryolarda YOLOv5m / YOLOv5l (YOLOv5l) daha iyi sonuç verirken; yarışma alanı için SSD Mobilenet-V2 ile eğitim yapıp 10+ FPS sınırını koruyacak şekilde optimizasyon planlanıyor.

Nesne Takip Algoritmaları: Real-Time Recurrent Regression (Re3) + Optik Akış

Re3 Tercihinin sebebi düşük işlem gücü tüketimi ve yüksek hızlı tepkisellik. Yedek Yöntem olarak Optik Akış (Optical Flow), tespit edilen İHA'nın anlık olarak görüş alanından çıkması durumunda, akış yönünü takip ederek İHA'yı hızla tekrar görüş alanına almak için kullanılmış. Derin öğrenme tabanlı tespit ile nesneyi bulup (yavaş ama doğru) tespit edildikten sonra daha az hesap gerektiren takip algoritmasına (yüksek tepki hızı için) geçiliyor. Optik akış tabanlı bir "görüş dışı takip" modülü devreye giriyor; belirli süre içinde hedef tekrar görülmezse derin öğrenme tabanlı tespit moduna geri dönülüyor. Bu kademeli strateji: tespit → hafif takip → görüş-dışı durumda optik akış ile tahmin → gerekirse yeniden tespit.

Anatolia Aero Design (Savaşan İHA) Kritik Tasarım Raporu İncelemesi

Uçuş kontrol Kartı: Pixhawk Orange Cube

İşlemciler: ARM Cortex M7 (Ana), ARM Cortex M3 (Fail-safe). Tercih: Kullanım kolaylığı, yüksek parça uyumluluğu, boyut/ağırlık dengesi. Kritik sensörlerden ve yer istasyonundan gelen verilerle kontrol yüzeylerini yönetir. Seçilme nedeni olarak, açık kaynak yapısı ve ArduPilot uyumu, yedekli IMU sensörleri ve yüksek güvenilirlik ve geçmiş tecrübelerinden bahsedilmiş. Özellikle Cube Orange'ın sensör fazlalığı (üçlü IMU ve barometre) arızalarda avantaj sağlar.

Otopilot Yazılımı: ArduPilot tabanlı

Sistem, sensör verilerini kullanarak İHA'nın kontrol yüzeylerini ve motorunu yönetir. Yer istasyonu yazılımı olarak Mission Planner kullanılmıştır. Görevleri, PID tabanlı uçuş kontrolü, görev bilgisayarıyla MAVLink üzerinden veri alışverişi, otonom rota izleme ve görev noktası yönetimi.

Simülasyon ortamı: Mission Planner ve QGroundControl kullanılarak testler yapılmış. SITL (Software in the Loop) testleri raporda belirtilmiş. Takım ayrıca "otonom görev" kısmını uçuş kontrol kartına değil, görev bilgisayarına bırakmış; bu da sistem mimarisi açısından doğru bir görev paylaşımı olmuş.

Görev Bilgisayarı: NVIDIA Jetson Xavier NX

İşlevi görüntü işleme, hedef tespiti, nesne takibi ve karar üretimi, Pixhawk'a yön/komut çıktısı gönderimi, telemetri ve log verilerinin işlenmesi. Yazılım dili: Python (PyTorch, OpenCV, TensorRT modülleri kullanılmış). Jetson seçimi, yapay zekâ ağırlıklı görevlerde çok avantajlı. Takım TensorRT optimizasyonundan bahsediyor; bu da modelin Jetson üzerinde gerçek zamanlı çalıştırılacağını gösteriyor.

Nesne Tespit Algoritması: YOLOX Serisi

YOLOv5 / YOLOv8 ailesi üzerinde denemeler yapılmış. Bazı testlerde SSD Mobilenet-V2 ile karşılaştırılmış. Seçim gerekçesi olarak YOLO modellerinin yüksek doğruluk ve tek aşamalı tespit mimarisi ve MobilNet'in gömülü sistemlerde yüksek FPS avantajı olarak belirtilmiş. Takım kendi verisetini oluşturmuş ve modeli bununla eğitmişler. Nvidia TensorRT ve Deepstream teknolojileri ile modelin görev bilgisayarı üzerinde hızının artırılması hedeflenmiştir.

Nesne Takip Algoritmaları: Hareket Yöneyi Oluşturma (Vektör Tabanlı)

SORT (Simple Online and Realtime Tracking) ve KCF (Kernelized Correlation Filter) denemeleri yapılmış. Tespit edilen hedefe bounding box atanıyor. Takip algoritması, tespitler arası boşluklarda hareket tahmini yapıyor. Hedef görüş dışına çıkarsa yeniden tespit devreye giriyor. Kullanım nedenleri ise Re3 veya DeepSORT gibi derin modeller Jetson'da yüksek işlem yükü oluşturduğu için, takım "hafif takip" yöntemlerini tercih etmiş.

TUNGA SAYE (Savaşan İHA) Kritik Tasarım Raporu İncelemesi

Uçuş kontrol Kartı: Pixhawk 2 Cube

Çekirdek: 32-bit ARM Cortex M4. Sensörler: Üçlü IMU, Çift MS5611 Barometre. Özellikler: Yedekli sensörler ve güç kaynağı. Tercih: Görev bilgisayarları (Raspberry Pi 4 / Jetson Xavier NX) ile stabil haberleşme. Pixhawk, sensör entegrasyonu (ivmeölçer, jiroskop, barometre) sayesinde **stabil uçuş** sağlıyor. Ardupilot'un açık kaynak olması, ekibin otonom görevler ve komut sisteminde özel algoritmalar geliştirmesine olanak vermiş.

Otopilot Yazılımı: ArduPilot

Açık kaynak kodlu yapısı sayesinde projenin gereksinimlerine göre özel geliştirmelere imkân tanınması temel tercihtir.

Görev Bilgisayarı: NVIDIA Jetson Xavier NX

Diğer yüksek performanslı mini bilgisayarlar karşılaştırılarak yapay zekâ algoritmalarını çalıştırma gücü ve paralel işlem yeteneği için ideal görülmüştür. Bu seçim, AI iş yüklerini hızlı ve enerji verimli bir şekilde işleyen GPU çekirdeklerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Nesne Tespit Algoritması: YOLOv5x

YOLO ailesinin en yüksek doğruluk (mAP) değerine sahip versiyonu olması. Yazılım: C++ dili ve OpenCV kütüphanesi kullanılarak geliştirilecektir. Not: Gecikme süresi (latency) fazla olmasına rağmen yüksek doğruluk öncelikli tutulmuştur. Raporunda diğer versiyonlara göre daha yüksek doğruluk oranı (mAP), GPU hızlandırma desteği, Gerçek zamanlı çalışabilme (FPS değeri yeterli) olarak belirtilmiştir. YOLOv5x'in diğer modellerle (YOLOv3, v4) karşılaştırması yapılmış ve bu modelin doğruluk oranı açısından en iyi sonuçları verdiği belirtilmiştir. Model rakip İHA'ları kare içine alıp takip algoritmasına veri gönderiyor.

Nesne Takip Algoritmaları: Özgün Algoritma

Takip kısmında hazır algoritmalar (KCF, GOTURN, CSRT, MOSSE) incelenmiş ama yarışma şartları açısından yetersiz bulunmuş bu nedenle kendi takip algoritmalarını geliştirmişler. Hedefin önceki 2 konumu ve anlık konumu arasındaki farktan bir sonraki hareket tahmin edilir. Hedef İHA'nın merkez noktası ile görüntü merkezi arasındaki fark, PID kontrol döngüsü ile sıfırlanarak uçuş kontrol kartına açılı (yunuslama, yuvarlanma, yalpalanma) komutları gönderilir. Ayrıca sistem, hedefin görüş alanından çıkması durumunda "son konuma doğru 3 saniyelik arama" yapıyor. Hedef bulunamazsa takibi sonlandırıyor.

1.2 İHA Yazılımı Temel Kavramları:

Yer Kontrol İstasyonu



Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) veya İngilizcesiyle Ground Control Station (GCS), insansız sistemlerin (İnsansız Hava Aracı - İHA, İnsansız Kara Aracı - İKA vb.) uzaktan komuta, kontrol ve izleme faaliyetlerini gerçekleştirmek amacıyla tasarlanmış merkezi birimdir. YKİ, sistem operatörü ile insansız platform arasındaki kritik arayüz görevi görerek, görev icrası, veri yönetimi ve durumsal farkındalığın sürdürülmesini sağlar. YKİ'nin temel amacı, insansız aracın görevini güvenli, verimli ve belirlenen parametreler dahilinde tamamlamasını sağlamaktır. Üç ana bileşene sahiptir:

Haberleşme Sistemi (Data Link):

Bu, YKİ ile insansız platform arasındaki iki yönlü veri iletişimini sağlayan hayati alt sistemdir. Genellikle şu kanallardan oluşur:

- Komuta ve Kontrol Hattı: Operatör komutlarını araca ileten düşük veri hızlı, yüksek güvenilirlikli hat.
- Telemetri Hattı: Araçtan YKİ'ye durum verilerini (hız, konum vb.) ileten hat.
- Görüntü/Video Hattı: Yüksek çözünürlüklü canlı görüntü akışını YKİ'ye ileten yüksek bant genişliğine sahip hat.

Donanım Arayüzleri

- Bilgisayar ve İşlem Birimi: YKİ yazılımını çalıştıran, veri işleme, harita görüntüleme ve kayıt görevlerini yerine getiren yüksek performanslı sistemler.
- Görüntüleme Birimleri (Monitörler): Genellikle görev alanını, harita üzerinde araç konumunu ve canlı sensör verilerini eş zamanlı göstermek için kullanılan çoklu ekran konfigürasyonları.
- Kontrol Giriş Cihazları: Joystick, gaz kolu (throttle), kumanda panelleri ve klavye gibi, operatörün araca hassas komutlar vermesini sağlayan ergonomik arayüzler.

YKİ Yazılımı

YKİ'nin işlevselliğini sağlayan temel unsurdur. Bu yazılım, MAVLink gibi standart iletişim protokollerini kullanarak araçla haberleşir ve şu özelliklere sahiptir:

- Harita üzerinde görev yönetim arayüzü.
- Gerçek zamanlı telemetri göstergeleri (hız göstergesi, yapay ufuk, irtifa göstergesi).
- Hata, uyarı ve durum mesajı yönetim sistemi.

Temel Fonksiyonları

Görev Planlama: Uçuştan önce, YKİ yazılımı üzerinden aracın izleyeceği rota, hangi noktalarda ne yapacağı (irtifa değiştirme, fotoğraf çekme, bekleme) gibi her şey detaylıca planlanır ve araca yüklenir. Bu, otonom uçuşun yol haritasıdır.

Gerçek Zamanlı Komuta ve Kontrol: Uçuş sırasında, operatör aracı harita üzerinde anlık olarak izler. Görevdeki bir aksaklık durumunda (örneğin hava koşulları değişti, yeni bir hedef belirdi) anında rota güncellenir veya araç manuel kontrole alınır. YKİ, araca "şimdi bunu yap" diyen aktif yönetici rolündedir.

Telemetri ve Durum İzleme:

Platformdan gelen kritik verilerin (telemetri) sürekli ve anlık olarak takibi. Bu veriler; araç konumu, uçuş durumu (hız, irtifa, yönelim), batarya/yakıt seviyeleri ve kritik sistem performans bilgilerini kapsar. Operatöre, herhangi bir sistem anormalliği durumunda uyarılar gönderilir.

Faydalı Yük Yönetimi: İHA üzerinde bulunan kamera, sensör, elektronik harp sistemleri gibi görev yüklerinin (payload) kontrol edilmesi, verilerinin alınması ve bu verilerin operatöre gerçek zamanlı olarak iletilmesin gerçekleşmesidir.

Veri Kayıt ve Analiz: Uçuş sırasında toplanan tüm veriler (görüntüler, videolar, telemetri logları) YKİ'de kaydedilir. Görev bittiğinde, bu kayıtlar performansı analiz etmek, hata ayıklamak veya görevin sonuçlarını raporlamak için kullanılır.

Pixhawk Uçuş Kontrol Kartı



Pixhawk, İnsansız Hava Araçları (İHA) dünyasında bir devrim niteliğindedir. Bu kart, yalnızca bir devre parçası değil; bir İHA'nın başarıyla uçuşması, görevini yerine getirmesi ve güvenle geri dönmesi için gereken merkezi zekâyı sağlayan açık kaynaklı, yüksek performanslı bir uçuş kontrol birimidir (Flight Control Unit - FCU). Kısacası başarılı bir İHA projesi, güçlü motorlar ve hafif bir gövde kadar, bu kontrol kartının sağladığı hassas navigasyon ve kontrol yeteneklerine de bağlıdır.

Temel İşlevleri

Aracın konumunu, hızını ve yönelimini (attitude) doğru bir şekilde belirleme.

Navigasyon sisteminden gelen mevcut durum ile istenen durum (operatör komutu) arasındaki farkı hesaplayarak motorlara komut gönderme. Atalet Ölçüm Birimi (IMU) (Jiroskop ve İvmeölçer), Manyetometre (Pusula), Barometre (İrtifa) ve Küresel Konumlama Sistemi (GPS)'den gelen verileri tek bir tutarlı tahmine dönüştürür. Bu süreç "Sensör Füzyonu" denir ve kartın en önemli görevidir.

Operatörün kumandasından gelen sinyalleri (RC input) okumak ve bu sinyalleri uçuş kontrol mantığına uygun olarak işleyip motorlara (ESC'ler aracılığıyla) ve servo mekanizmalarına (kanatçıklar, dümen) komut sinyalleri (PWM) olarak aktarmak.

Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) ile Telemetri Data Link'i üzerinden sürekli haberleşmeyi sürdürmek.

İHA Sistemlerinde Kullanım Amaçları

İHA'nın GPS verileri ve önceden yüklenmiş görev planına (waypoint'ler) göre, insan müdahalesi olmadan kalkış yapması, rotayı takip etmesi ve iniş gerçekleştirmesi. Bu, operatörün üzerindeki yükü azaltır ve hassas görevleri mümkün kılar.

Rüzgâr, türbülans gibi dış etkilere karşı aracı sürekli dengelemek ve operatörün verdiği komutlara hassas bir şekilde cevap vermek. Bu, özellikle görüntüleme ve haritalama görevlerinde titreşimsiz ve stabil bir platform sağlar.

Tek bir donanım üzerinde farklı görevlere uyum sağlama yeteneği. Örneğin, aynı Pixhawk kartı bir gün haritalama görevi için sabit kanatlı bir İHA'da, ertesi gün ise bir arama-kurtarma (SAR) görevi için çok rotorlu (multirotor) bir İHA'da kullanılabilir.

Kritik sistem yedekliliği (örneğin çift işlemci veya çift IMU) sunarak bir bileşen arızalandığında görev kontrolünü kesintisiz sürdürme. Ayrıca, otomatik eve dönüş (Return-To-Launch/RTL) ve acil iniş modları ile uçuş güvenliğini en üst düzeye çıkarmak.

Ardupilot ve PX4 Otopilot Yazılımı

Bir İnsansız Hava Aracı (İHA) için uçuş kontrol kartı (Pixhawk gibi), aracın beyniyse, otopilot yazılımı (firmware) o beynin çalışma sistemidir, karar verme mekanizmasıdır. İHA ekosistemindeki en baskın ve etkili iki açık kaynaklı otopilot yazılımı, ArduPilot ve PX4'tür. Kullanım amaç ve işlevleri kısaca:

- İHA'nın havada stabil kalmasını sağlamak.
- GPS verilerini kullanarak önceden tanımlanmış görev rotalarını takip etmek (Waypoint uçuşu).
- Batarya düşüklüğü, kumanda bağlantı kesilmesi gibi durumlarda eve dönme (Return-to-Launch) veya güvenli iniş gibi acil durum protokollerini yönetmek.
- İHA üzerindeki tüm sensörleri kalibre etmek, veri toplamak ve bu verileri kontrol algoritmalarında kullanmak.
- Yer istasyonu (Mission Planner, QGroundControl) ile telemetri (uçuş verileri) ve komut alışverişini sağlamak (Genellikle MAVLink protokolü üzerinden).

Ardupilot

Çok rotorlu, sabit kanatlı, VTOL ve helikopterler gibi insansız araçlar için tam özellikli, açık kaynaklı bir otopilot yazılım paketidir. GPL (Genel Kamu Lisansı). Kodda yapılan değişikliklerin genellikle ana şubeye geri gönderilmesi gerekir. Mission Planner (Windows tabanlı) gibi kullanıcı dostu arayüzleri mevcuttur.

İHA'da Temel İşlevi: Kalkış, iniş, belirlenen rotada seyrüsefer ve görevlerin tam otonom veya yarı otonom olarak gerçekleştirilmesidir.

İHA'da Kullanım Amacı: Hobi, araştırma, endüstriyel uygulamalar ve geniş bir araç yelpazesi için güvenilir, tam özellikli ve esnek bir otonom kontrol çözümü sunmak.

PX4

Hassasiyet, güvenilirlik ve modülerliğe önem veren, yüksek performanslı ve ticari uçuşlarda da kullanılan açık kaynaklı bir uçuş kontrol yazılım yığınıdır. BSD Lisansı. Kodda yapılan değişikliklerin ana şubeye aktarılması zorunlu değildir. Genellikle **QGroundControl** (çoklu platform) ile arayüz oluşturur.

İHA'da Temel İşlevi: Sensörlerden gelen verileri (GPS, İvmeölçer, Jiroskop, Manyetometre vb.) işleyerek aracın dengede kalmasını ve istenen manevraları gerçekleştirmesini sağlamak yani uçuş kontrolü ve yönetimini sağlamaktır.

İHA'da Kullanım Amacı: Özellikle ticari drone endüstrisinde, yüksek stabilite ve hassasiyet gerektiren profesyonel uçuş çözümleri sağlamak.

GÖREV BİLGİSAYARI – NVIDIA JETSON MODELLERİ

İnsansız sistemlerde (İHA, İKA, deniz araçları vb.) artık yalnızca uçmak veya hareket etmek dışında bu araçların çevrelerini algılayabilmesi, karar verebilmesi ve verileri anlık olarak işleyebilmesi gerekir. Bu noktada ihtiyaç duyulan aracın beyni ve zekası arasında köprü görevi gören bilgisayar için “görev bilgisayarı” diyebiliriz. Sensörlerden gelen büyük miktardaki veriyi analiz eder, görüntü işler, yapay zekâ algoritmalarını çalıştırır ve uçuş kontrol kartına karar çıktıları gönderir. Temel amacı, karmaşık hesaplamalar (görüntü işleme, nesne tanıma, rota optimizasyonu, yapay zekâ uygulamaları vb.) gerçekleştirmektir.

NVIDIA JETSON

Yapay zekâ uygulamaları ve gömülü sistemler için tasarlanmış bir mini bilgisayar ailesidir. Jetson serisi, GPU (grafik işlem birimi) desteği sayesinde paralel işlem yeteneği çok yüksek olan bir platform sunar. Kısacası, Jetson modelleri özellikle derin öğrenme, bilgisayarla görme ve otonom sistemler için optimize edilmiştir. İHA'larda kullanım amaç ve işlevleri kısaca:

Kamera görüntüsü üzerinde insanları, araçları veya belirli nesneleri gerçek zamanlı olarak tespit etmek (Arama-kurtarma, gözetleme).

- Tespit edilen bir nesneyi otomatik olarak izlemek ve kamera odağında tutarak hedef takibi sağlamak.
- Görüntü veya sensör verilerindeki olağandışı durumları (örneğin, hasarlı bir yüzeyi) belirlemek.
- GPS sinyalinin zayıf veya tamamen yok olduğu ortamlarda (kapalı alanlar, ormanlık bölgeler) kamera verilerini kullanarak İHA'nın kendi konumunu hassas bir şekilde belirlemesi ve çevrenin haritasını çıkarması (Eşzamanlı Konumlandırma ve Haritalama).
- Lidar veya derinlik kameralarından gelen verileri yüksek hızda işleyerek, rota üzerindeki dinamik engelleri gerçek zamanlı olarak algılamak ve güvenli bir şekilde kaçınma manevrası yapmak.
- Yüksek çözünürlüklü sensörlerden gelen görüntü ve video verilerini sıkıştırma, ön işleme veya birleştirme (Stitching) gibi işlemleri uçuş sırasında gerçekleştirmek ve sadece anlamlı veriyi yer istasyonuna göndermek.
- Topladığı yapay zeka verilerine dayanarak, otopilot sistemine üst düzey görev komutları göndermek (Örneğin, "Bu nesneyi algıladın, şimdi etrafında daire çiz").

Jetson Nano

İşlemci: Quad-core ARM Cortex-A57

GPU: 128-core Maxwell

RAM: 4 GB

Güç Tüketimi: 5–10 W

Kullanım Alanı: Eğitim, hobi projeleri, temel yapay zekâ uygulamaları

İHA'daki Rolü: Düşük güç tüketimi sayesinde küçük İHA'larda basit görüntü işleme ve nesne tanıma uygulamaları için uygundur. Örneğin, belirli nesneleri algılayıp küçük görevleri yerine getirebilir.

Jetson Xavier NX

İşlemci: 6-core NVIDIA Carmel ARM CPU

GPU: 384-core Volta + 48 Tensor Cores

RAM: 8–16 GB

Güç Tüketimi: 10–15 W

Kullanım Alanı: Otonom araçlar, ileri seviye yapay zekâ, robotik

İHA'daki Rolü: Gerçek zamanlı görüntü işleme ve hedef takibi için uygundur. Örneğin, İHA kamerasından gelen verileri işleyip hedefi takip edebilir ve engellerden kaçınabilir.

Jetson AGX Xavier

İşlemci: 8-core NVIDIA Carmel ARM CPU

GPU: 512-core Volta + 64 Tensor Cores

RAM: 16–32 GB

Güç Tüketimi: 30 W civarında

Kullanım Alanı: Otonom araçlar, derin öğrenme modelleri, ağır hesaplamalar

İHA'daki Rolü:

Büyük İHA'larda veya yüksek veri yoğunluğu gerektiren görevlerde kullanılır. Karmaşık derin öğrenme modellerini uçuş sırasında çalıştırabilir ve kapsamlı veri analizi yapabilir. Örneğin, çoklu kamera ve sensör verilerini entegre ederek otomatik görev planlaması sağlar.